

# 全エネルギー供給源としての「太陽」の確証 —石油も核エネルギーも不要—

中島 哲夫

## §1. はじめに

日本の一次エネルギーの総供給量は石油換算で、一日一人 633 *mliter* のビール瓶で 20 本 (12.7 *liter*) と云われている<sup>(1)</sup>。この調子で消費していくと石油の可採年数は、朝日年鑑によると表 I 及び第一図に示されたように着実に逡減している。新しい油田の発見が無い場合、図

表 I 石油の可採年数<sup>(2)</sup>

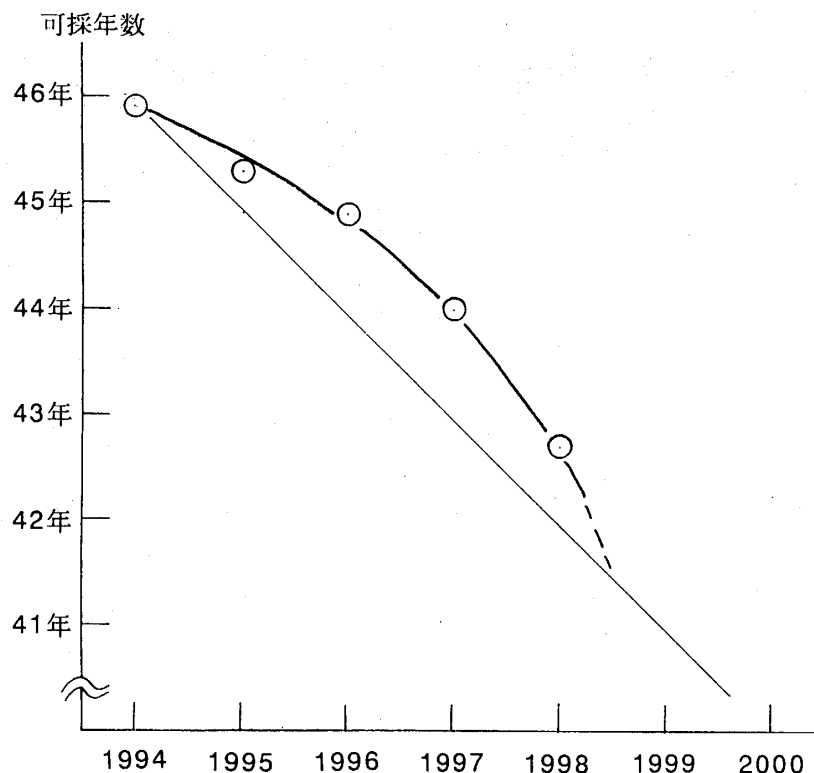
推定年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年
可採年数	45.9年	45.3年	44.9年	44.0年	42.7年

に示した直線に沿って可採年数は減少する筈であるが、それより鈍った減少を示している。併し今後はそうとは云えない兆候を示している。これではとても一世代は持ち堪えられない<sup>(2)</sup>。恐らくあと十年もすると、油田の底が見え始め、産油国も我が身のことで精一杯になり、オイルレスの日本の面倒をみる余裕がなくなることは必定である。21 世紀の国際紛争は、石油に限らず枯渇した天然資源をめぐる起る、凄惨なものと予測される。巨悪の末期が、全人に余すところなくジワッと、人の力では防ぎきれない大潮のごとく、自然の摂理として迫って来る。

それでは科学・技術の進歩に期待すればよいと云う、尤もな答もある。併し科学は保険でも魔法でもない。タイミングよく危機を救う救世主のような奇跡は起こせない。例えば 1958 年ジュネーブで開かれた、第二回原子力平和利用国際会議では、核融合によるエネルギーの開放が希望に満ちて語られ、これを契機として世界的に核融合炉技術のための基礎研究のスタートが切られた。爾来 40 年の歳月が流れた。'87 年の時点で出された報告では、奇跡でも起こらないかぎり、今世紀中に核融合炉実現の希望は叶えられそうにない。21 世紀のいつの時点で実現するか、予測は難しく、永久に実現しないと云う悲観論も否定し得ない<sup>(3,4,5)</sup>。

又日本はゴミ問題、産業廃棄物等による深刻な慢性的進行性自然循環系不全症、及び狭い国で化石燃料の大量消費による開放性二酸化炭素過多疾患等で何れも死に到る病篤く、緊急集中治療が不可避である。'97 年の地球温暖化防止京都会議では、旬日にわたり、複雑な経済的利害の絡み合った二酸化炭素の排出権取引、削減数値の攻防と駆け引きが行われた。その結果「京都議定書」なる応急対処療法もどきの処方箋がものされた。根本治療の検討は無く、完全治療は望めない<sup>(6,7,8)</sup>。その不明とそれによる人心の乖離が気掛かりなことである。

化石燃料の大量消費、それに伴う二酸化炭素の膨大な増加と切迫したエネルギー枯渇の問題、



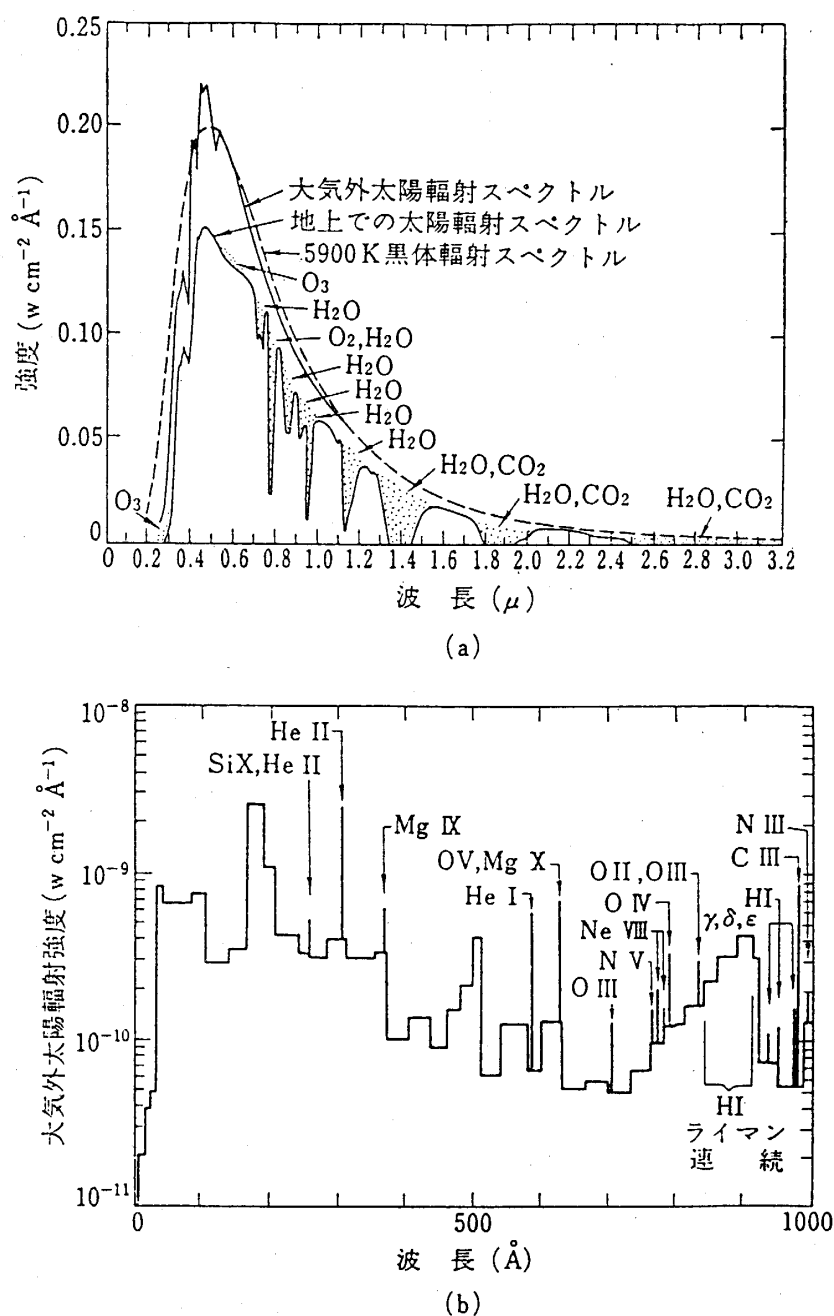
第一図 世界の石油の可採年数の変遷

又核分裂による原子力発電や未来の核融合等核反応により物質を破壊し、放射性物質の拡散とそれによる被爆の恐れのある原子力エネルギーの利用は、人類の次世代以降の子々孫々の存続に深刻に関連して、太陽エネルギーの精密な検討と評価は大変重要である。

## §2. エネルギー源としての太陽

太陽放射のスペクトルを黒体放射と見做すと、ウィーンの変位則より、最大波長から色温度 6090 K が得られる。又後に定義する太陽定数より得られる太陽表面からの全放射量とステファン・ボルツマンの法則により、実効温度 5760 K が定まる。第二図 (a) 及び (b) に示したように<sup>(9)</sup>、実際のスペクトルは黒体放射のように単調ではなく、太陽の周りの低温気体や地球大気のエーロ、水蒸気、炭酸ガス等による線状、帯状の吸収が観られる。0.29  $\mu\text{m}$  以下の短波長域が観られないのは、成層圏、電離層のエーロ、酸素の吸収によるもので、それは全量の 5 % に相当する。太陽放射のエネルギー・スペクトルの極大波長は青緑色の 0.48  $\mu\text{m}$  で、全エネルギーの 50 % は波長 0.4  $\mu\text{m}$  から 0.7  $\mu\text{m}$  の間にあり、殆どのエネルギーは 0.17  $\mu\text{m}$  と 4  $\mu\text{m}$  の間に分布していると云われている。大気圏外で、太陽に正対する単位面積が、単位時間に受ける太陽の総輻射量は 1.37 kW/m<sup>2</sup> で<sup>(10)</sup>、これを太陽定数 (Solar constant) と云う。現在使用し得る太陽電池は結晶、非晶質を含めて、可視光域をカバーし、0.2  $\mu\text{m}$  から 1.2  $\mu\text{m}$  で働き、太陽から最大値として約 1.049 kW/m<sup>2</sup> の電力が得られている<sup>(11)</sup>。

太陽からのエネルギーの放射を日射と云う。太陽定数で規定される有効日射が、日本各地でその日の天候状態に応じ、どのような強度変化、経時変化をし、その積分強度はどうなっているかが重要である。これに適合した資料が、全天日射量  $I_T$  (Total Solar Irradiance) の日積算量である。全天日射量は立体角  $2\pi$  の全方向から、水平面に下向きに入射する直達日射量  $I_D$  (Direct Solar Irradiance) と散乱日射量  $I_{Diff}$  (Diffuse Solar Irradiance) の和である。



第二図 太陽放射スペクトル (地球距離)

(a) 可視領域付近を示す。(b) 遠紫外・X線領域のスペクトル。  $10^{-8} \text{ W cm}^{-2} \text{\AA}^{-1}$  以下。文献(9)参照。

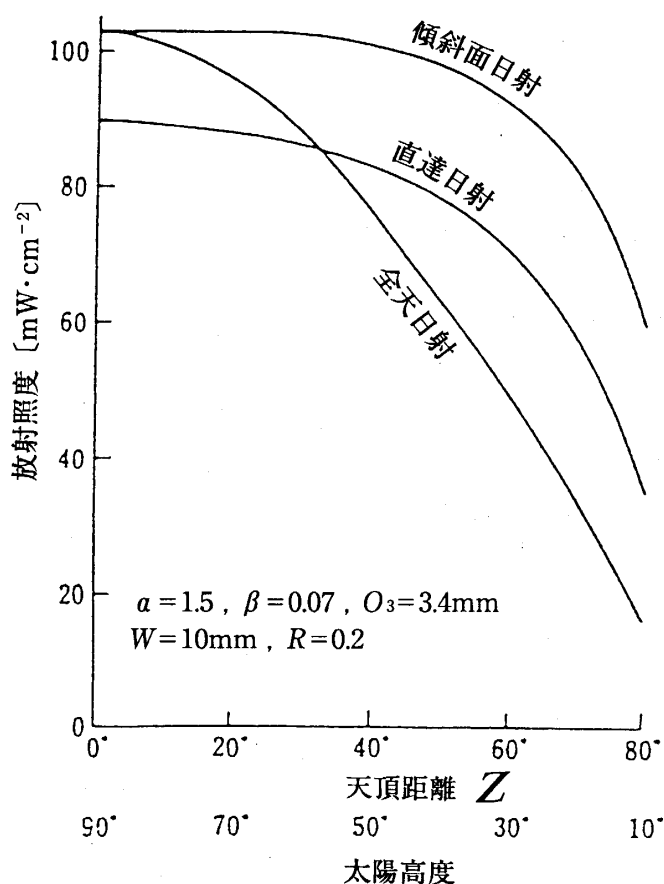
即ち、 $Z$  を太陽の天頂距離とすると次式

$$I_T = I_{D\cos Z} + I_{\text{Diff}}$$

で表される<sup>(12)</sup>。直達日射は入射方向に垂直な平面に太陽面から直接入射するエネルギーを、散乱日射は大気、雲、地表などの散乱、反射による、太陽以外から入射するエネルギーを云う。日積算量は入射したエネルギーを日中、足し合わせたものである。

これらの日射量は通常、自記直達日射計、熱電堆式全天日射計により測定されている。いずれも黒体が日射を吸収して温度上昇することを利用している。直達日射計は、赤道儀と同様に円筒が太陽方向に同期して、太陽光が常に円筒底部の検出部の黒体の受熱面に吸収されるよう追跡する。温接点は面の中心線に、冷接点は面の一端に有り、ヒート・シンクに繋がっている。日射量は温、冷両接点間の温度傾度を銅-コンスタンタン対のサーモパイルで検出する。全天日射計では防風のため半球の硬質ガラス・ドームの中に、0.1 mm のアルミニウム製の白と黒の受熱板が有る。サーモパイルは黒色板が温接点、白色板が冷接点で、その温度差から全天日射量を求める。検出している波長は、0.3  $\mu\text{m}$  から 3  $\mu\text{m}$  である<sup>(13, 14, 15)</sup>。

全天日射量に含まれる直達日射量は、 $I_T$  の表式から分かるように検出部は太陽に正対せず、

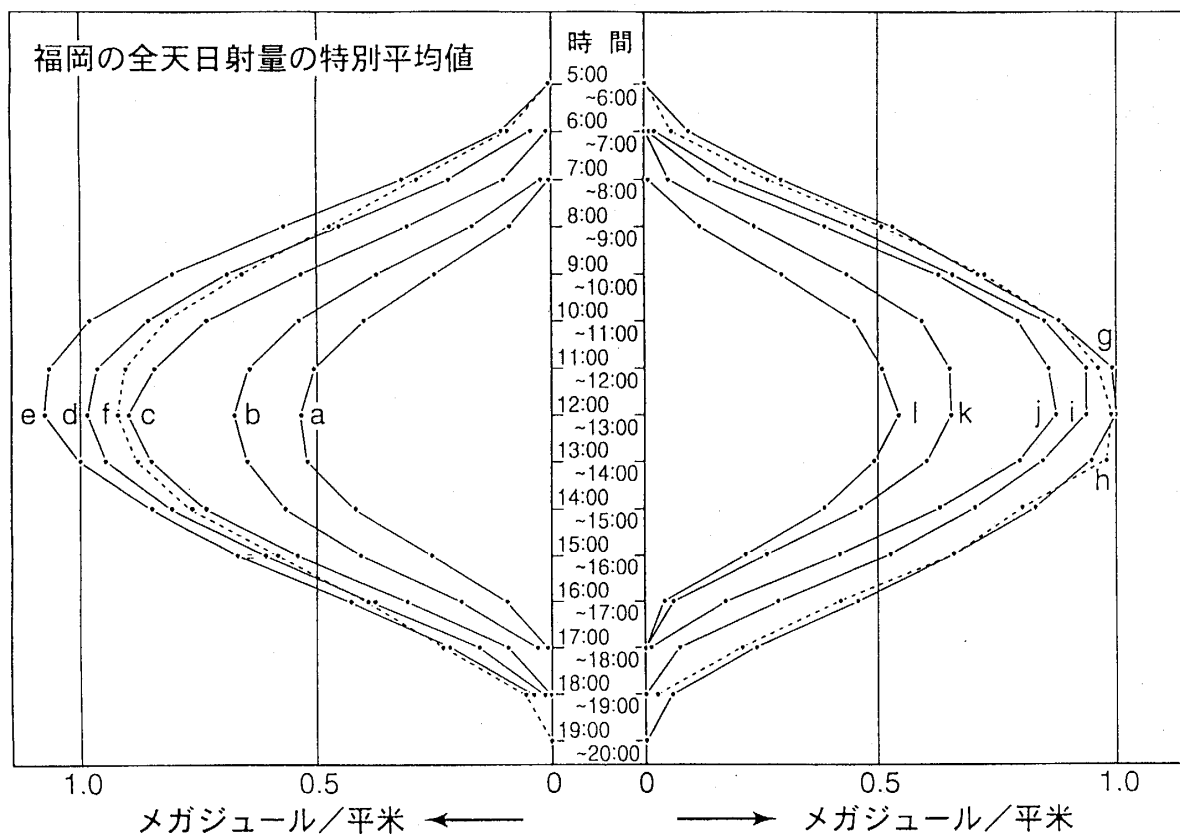


第三図 直達、全天及び傾斜面日射の天頂距離依存性

太陽電池標準出力測定法で規定された標準大気による結果を示している。図の条件の詳細は文献(12)を参照。

斜入射である。東京での天頂角  $Z = 35^\circ$  からのズレに対する、散乱日射強度の測定結果によると、強度は指数関数的に減少している<sup>(12)</sup>。第三図で、全天日射量と直達日射量を比較すると、少なくとも回帰線内では前者が大きい、高緯度（高天頂角）では逆転している<sup>(12)</sup>。後出の第五図によると、日本国内では全天日射量が直達日射量より大きい。通常、木造家屋の屋根は水平ではないが、全天日射量の測定モードに近い。一般に太陽電池は屋根に設置されるが、太陽を追尾することは大変困難である。傾斜面には、固定と半固定がある。新築の家屋に関しては緯度や周囲の地形に応じて最適の屋根の配向を選ぶことが可能である<sup>(12)</sup>。

丸善から毎年刊行される理科年表<sup>(10)</sup>には稚内から南鳥島に至る各地の「全天日射量の日積算量の月別平均値」が収録されている。その基礎データとして、福岡の全天日射量の特別平均値の変化を第四図に示した。これは1974年から1980年迄の7年間の統計に基づき、各月の全天日射の時間積算量の逐次経時変化から得られたものである。この積分値が各月の日積算量の月別平均値となる。(このデータは1990年の理科年表から採用した。) 福岡を取り上げたのは、第五図の全天日射量の年積算量の平均値に近いデータから選んだ。



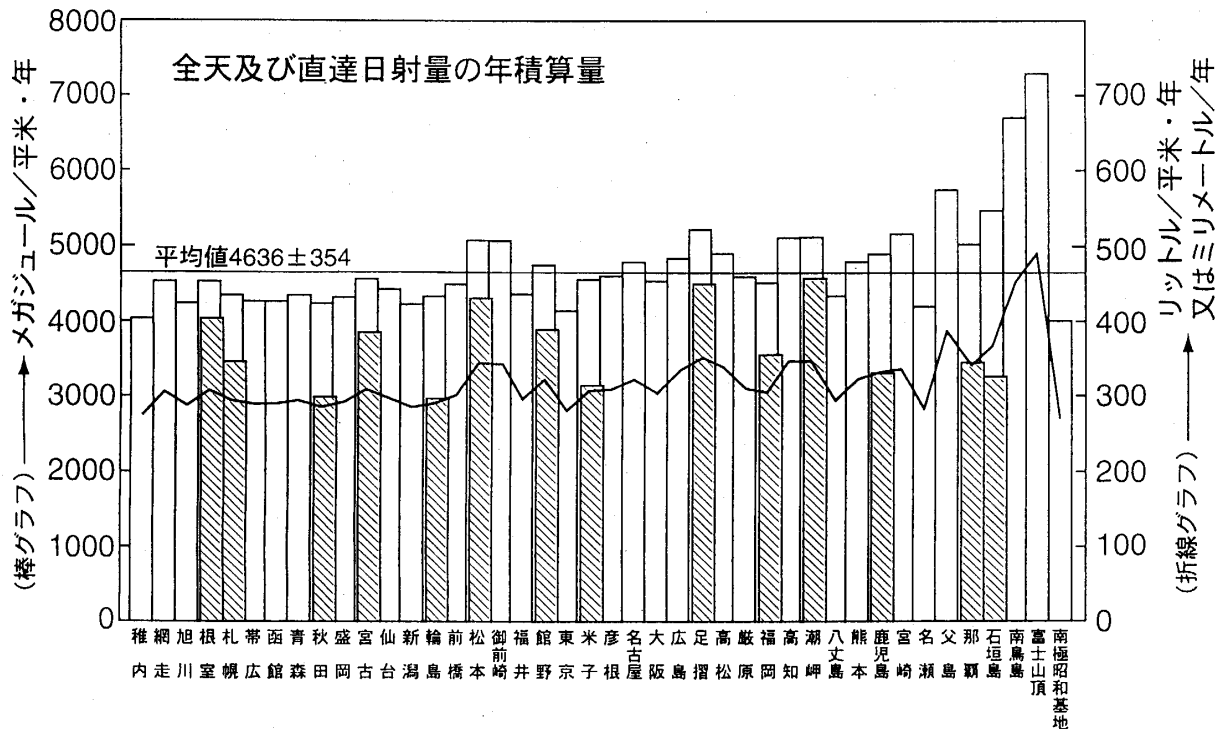
第四図 福岡の全天日射量の特別平均値

a:1月、b:2月、c:3月、d:4月、e:5月、f:6月、g:7月、h:8月、i:9月、j:10月、k:11月、l:12月

全天日射量の日積算量の月別平均値(統計期間:1974年から1990年迄)<sup>(10)</sup>から、突出した値を示す孤島の父島、南鳥島、富士山頂、南極昭和基地を除外して、各月の日数を掛け、それらの和から各地の年積算量を求めた。年積算量の相加平均値は

$$\langle I_T \rangle_{\text{year} \cdot \text{av}} = 4636 \pm 354 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{year}$$

となる。幅は標準偏差を表す。第五図に平均値と共に、全天及び直達日射量を示した。第五図から明らかなように平均値からの広がり大きくはない。較差の実例として、北海道の稚内(4048 MJ/m<sup>2</sup>・year)と鹿児島の名瀬(4213 MJ/m<sup>2</sup>・year)のズレは、図からも明らかなように高々5%程度である。興味深いことは、南極昭和基地は4015 MJ/m<sup>2</sup>・yearで首都東京の4180 MJ/m<sup>2</sup>・yearの値とは4%程度の差で、殆ど変わらない意外な結果である。



第五図 全天及び直達日射量の年積算量及び前者の石油換算値

白：全天日射量 左の目盛り

斜線：直達日射量 左の目盛り

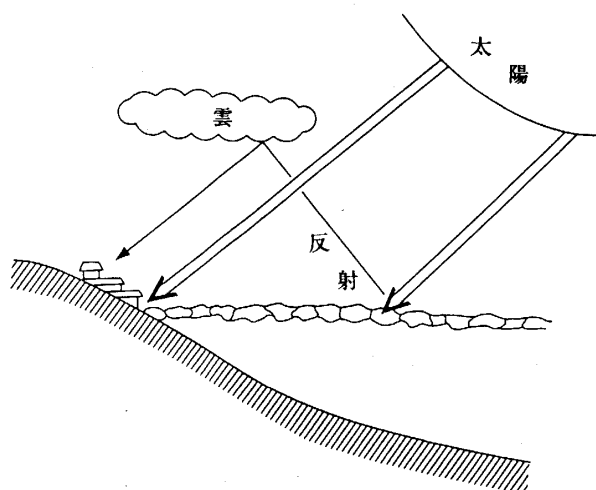
折線：石油換算値 右の目盛り

突出した孤島の父島、南鳥島と別統計の富士山頂、南極昭和基地等は特異な地なので、平均値には算入されていない。富士山頂、南極昭和基地以外は1974年から1990年までの日合計値の平均値。

本題から外れるが、昭和基地は南緯69.00度で、これを北中時の近似的な天頂角と見做すと、第三図及び $I_T$ の表式から考えて、散乱日射量も直達日射量も非常に小さい筈である。然るに実測値は異常に大きい。稚内、富士山頂も含めて氷、雪に依る高い反射率（Albedo）<sup>(16,17)</sup>のため照り返され、それが雲でもう一度反射され（第六図参照）、高い散乱日射に依る全天日射量の増加となる（第七図参照）<sup>(17,18)</sup>。紋別では海上を覆う流水が増加すると、それに比例して全天日射量が増加する。最大値は海上を百分の流水が覆い、上空に多少雲の有る晴天時に起こり、流水が全く無いときに比べて、1.4倍増加すると云う<sup>(18)</sup>。要約すると、日射の氷、雪に依る高い反射率、もう一つは低温による水蒸気などの少ない清浄な高い透過率、低い混濁度による<sup>(17,18)</sup>。更に富士山頂は高い高度により、大気分子が少なく、これらのパラメーターが助長される。それ故、高反射率により日射の大部分を撥ね返し、受け取る熱は少なく、他方、長波長域における地球放射として相当の熱放射を行い、正味の放射収支は負となり、冷熱源と化す<sup>(17)</sup>。

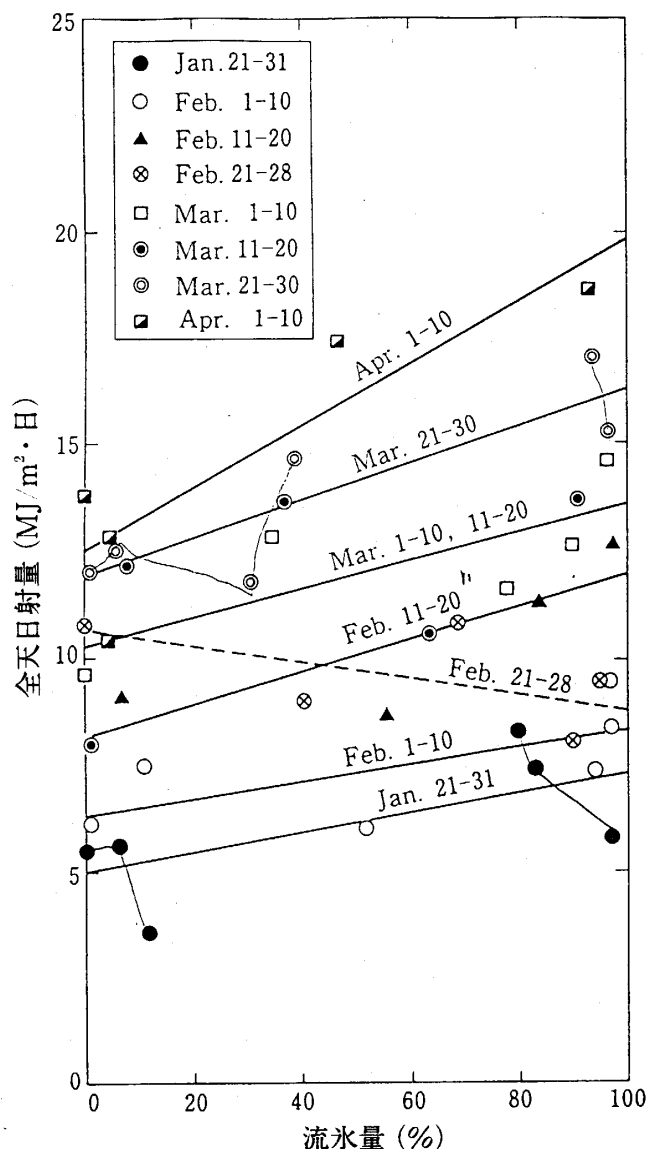
全天日射量の全国平均値 $\langle I_T \rangle_{\text{year} \cdot \text{av}}$ を、 $1 \text{ MJ} \doteq 277.78 \text{ W} \cdot \text{hr}$ を用い、更に電力や又は石油換算当量  $1000 \text{ kW} \cdot \text{hr} \doteq 244 \text{ liter}$  を用いると<sup>(2,19)</sup>、次ぎの諸元で、

$$\begin{aligned} \langle I_T \rangle_{\text{year} \cdot \text{av}} &= 4635 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{year} = 1288 \text{ kW} \cdot \text{hr/m}^2 \cdot \text{year} \\ &= 314 \text{ liter/m}^2 \cdot \text{year} = 314 \text{ mm/year} \end{aligned}$$



第六図 流水期又は降雪期の  
散乱日射<sup>(17,18)</sup>

と表わされる。この値は日本全土に、年間一平米に 314 liter の石油相当のエネルギーが降り注ぎ、深さにして膝小僧に届く位の、314 mm 深さの露天油田を実現している。第五図の折線グラフはそれを示している。



第七図 紋別の全天日射と流量の関係<sup>(18)</sup>  
(海岸から 2 km の地点)

### §3. オイル・ハングリーだがサンシャイン・リッチな日本

太陽の直径 ( $1.4 \cdot 10^9$  m) は地球のそれ ( $1.27 \cdot 10^7$  m) の百倍以上大きく、それ故地球に到達する太陽光線は平行光線と見なせる。従って地球が実効的に太陽から受け取っている総輻射エネルギーは、地球の短径を用いて、

$$\pi \cdot (6.356 \cdot 10^6)^2 \text{ m}^2 \cdot 1.37 \text{ kW/m}^2 = 1.74 \cdot 10^{14} \text{ kW}$$

となる。その内の約 70 % の  $1.22 \cdot 10^{14}$  kW が地球表面に到達する。この全エネルギーが地球の生態的な営み、生理に有効に使われて、原始から営々と生存してきたと考えられる。第八図には太陽エネルギーの配分と循環が示されている<sup>(14,20)</sup>。その内、日本の総面積は約  $3.78 \cdot 10^{11}$  m<sup>2</sup> であるから、 $\langle I_T \rangle_{\text{year} \cdot \text{av}}$  に掛けると、太陽から日本が受ける年間の全天日射量の実測値は、

$$1287 \text{ kW} \cdot \text{hr}/\text{m}^2 \cdot \text{year} \times 3.78 \cdot 10^{11} \text{ m}^2$$

$$= 486 \text{ 兆 (kW} \cdot \text{hr/year)} = 1187 \text{ 億 4960 万 (kliter/year)}$$

となる。これは日本全土が、一年間に太陽から受ける全エネルギーである。これは後述の年間消費する全エネルギーの 200 倍、即ち 200 年分である。不断に遍く広く供給されたクリーンな太陽エネルギーの膨大な供給量に、改めて太陽及び流水等の底知れぬ深遠な自然の機構の偉大さに、頭の下がる思いがする。

太陽電池でこの太陽放射を電気エネルギーに変換した場合、変換効率 13 % を掛けて、

$$1187 \text{ 億 4960 万 (kliter/year)} \times 0.13$$

$$= 154 \text{ 億 3745 万 (kliter/year)}$$

となる。これは日本全国に太陽電池を隙間無く張り詰めた場合、得られる電気エネルギーである。そんなことすると、人間のみならず、他の全ての生物の生命を奪うことになり、やれることではない。人間の横暴な独占は許されず、生きとし生きるものが、和して分かち合うべき慈雨にも勝る天与の美祿である。

稲葉秀三氏の日本の全エネルギー需給見通しの資料<sup>(19)</sup>によると、石油換算で、

1989 年の実績消費量 4.82 億 kliter

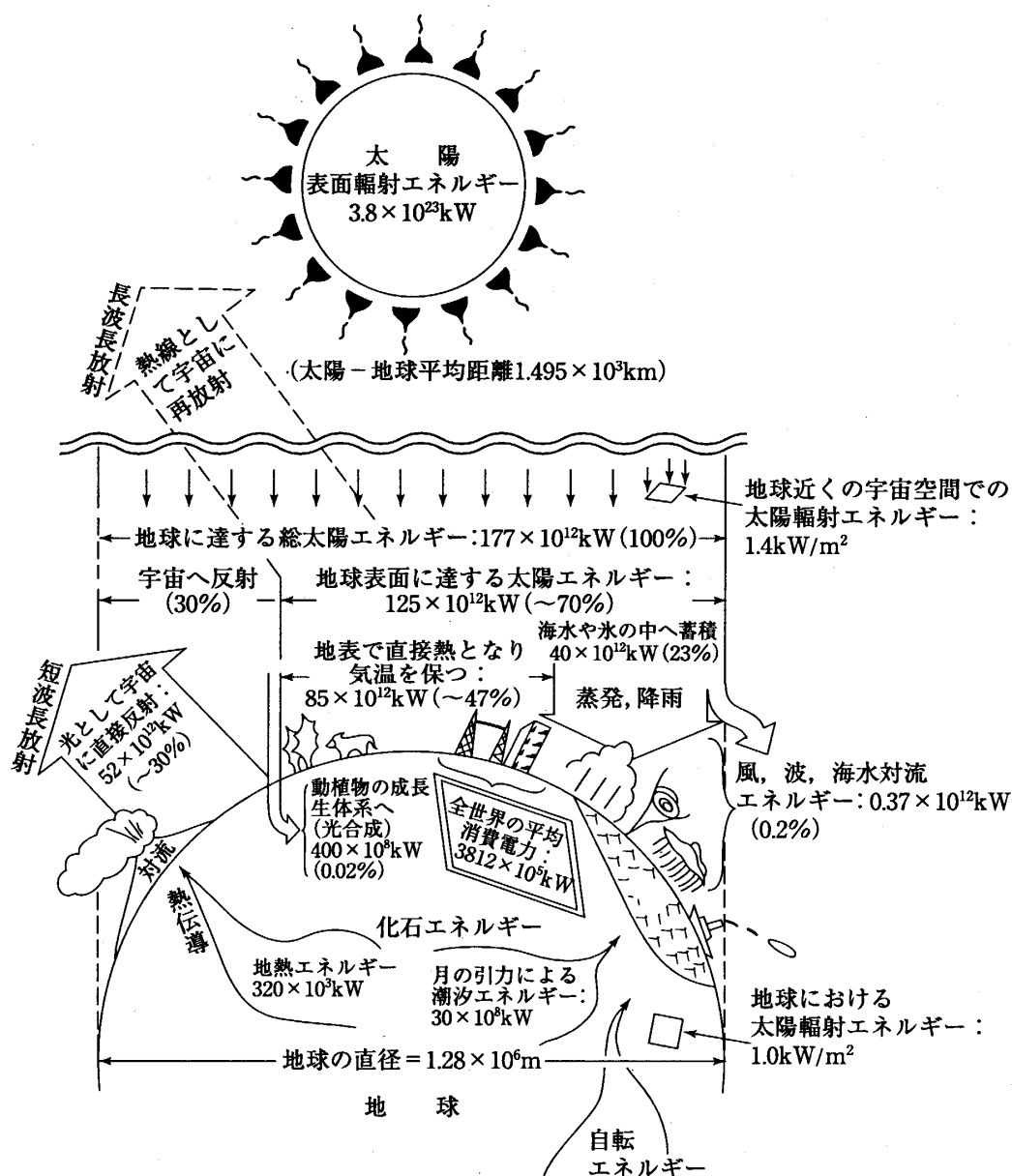
2000 年の推定消費量 5.97 億 kliter

2010 年の推定消費量 6.66 億 kliter

である。従って日本の将来、例えば 2000 年の需要量 5.97 億 kliter は、154 億 kliter の 25 分の 1 以下で足りることになる。この 25 分の 1 のエネルギーを太陽発電で創り出すのに必要な面積を見積もると、14600 km<sup>2</sup> となる。これはほぼ四国の約 4 分の 3 強の広さに相当する。即ちこの相当面積に太陽電池を設置することが許されれば、毎年約 6 億 kliter の石油相当のエネルギーが、太陽が消滅するまで補給され、現在の日本の営為が維持出来る。

先ず人間と共存していくべき凡ゆる物体、生無生を問わず太陽エネルギーを分かち合うのに、日本の国土を実効的に 1 対 24 に按分することが正当か否か、厳格な生態学的及び有るべき自然保存の諸条件から検証の上、模索し、策定すべきである。建設機械の急速な発達、人間に底知れぬ力を与えてしまった。ヒトは年間約 450 億トンの土砂、岩石を動かし、地表に改変を加えている。この大きさは山を造る地球内部の営み (440 億トン) と殆ど同じである。ヒトは自然力に等しい又は越えた力を得た。地球の生理を無視した破壊である<sup>(21)</sup>。風化や土壌の形成に関わっている、小さくて膨大な数の微生物達から、巨大だが少数の大型動物達迄、自然の循環に抜き差しならぬ役割を担って、地球の生命の営みに太陽光が不可欠の輩が、許多住み着いている<sup>(21, 22)</sup>。全生物との揺るぎ無い共生と繁栄を確立するため、これを決して崩してはならない。1993 年から地球規模のエコロジー組織「国際緑十字」を創設し、会長となったゴルバチョフ氏<sup>(23)</sup> は「人は自然の主人ではなく、その一部である。人は生物の法則に融合しなければならない。地球に人類の次世代が住むのを望むなら、生態学的に安定した発展が唯一の打開策である。そのために、先進国特有の極端な消費文化の何かを、いさぎよく犠牲にして、伴う困難を克服せねばならない。」と云っている。





第八図 太陽エネルギーの分配と循環 (14, 20)

太陽光による太陽発電は、未来の極め付きエネルギー資源として他のシステムでは望め得ない、幾つの特徴があり、此处で簡単に列挙する。

(イ) 機械的可動部が無く、静かで清浄な変換法である。

光のエネルギーを電気エネルギーに変換するのに、量子力学的な効果を利用しており、噪音、廃棄物（放射能、汚染源物質等）や爆発等の危険の無い、無公害の変換法である。

(ロ) 保全、維持が簡便で、自動化、無人化が容易な変換法である。

常温、常圧でソフト的に働き、人工衛星や無人灯台等で実証されているように、半恒久的に維持され、自動化、無人化が容易である。

(ハ) 規模の大小に依らず、変換効率は一定である。

メガワット級の工業的なものから、ミリワットの卓上計算機に至るまで、電池の数が変わるだけで、変換効率是一定である。

- (二) 機能単位としてのモジュール構造のため、量産性、可換性に富み、スケール・メリットが大きい。

コンパクトなモジュール構造のため、量産による低廉化が可能で、且つ高い可換性のため、補修等が容易で、日曜大工のようにやれる。トランジスター等半導体素子と同様にスケール・メリットが極めて大きい。

- (ホ) 拡散光も電気エネルギーに変換される。

全天日射中の散乱日射が有効であることから明らかなり又蛍光灯でも動作するように、入射光のエネルギーに応じた発電が可能である。

- (ヘ) 光発電は零エネルギーの有効利用である。

エネルギーには虚実があり、正零負がある。虚は夢のエネルギーであり、未だ実現していないものを云う。それに対し、人間が現実利用しているものは実のエネルギーである。前者の例は核融合のエネルギーが相当する。正エネルギーとは、それを利用することにより、益々自然が公害の無い清浄な環境に整備され、人類が幸せに暮らせる一挙兩得型で、現在は存在しない。負エネルギーは逆方向で、その利用により、全生命体の健康が犯され、綺麗な地球の存続を許さないものを云う。零エネルギーは正でも負でも無く、太陽エネルギーの利用が該当する。現在利用しているエネルギーは全て、二酸化炭素を排出するか、放射能による核拡散をもたらすか、更に超弩級の爆発を伴う危険もはらむ等の何れかを共有し、負である。太陽エネルギーは使用しても自然環境は良くもならなければ、悪くもならない。唯現在地球の汚染の原点が、負の領域に移動しているので、太陽エネルギーの使用により、見掛け上地球が汚染しないことは、地球の自浄作用により浄化されるように見える。人間の今までの悪徳の栄えのツケを浄めてくれるものである。

日本では、日々享受している太陽エネルギーの1/200を人間が使用し得れば、産油国に屈辱的な媚びを売り、その上お札を山と積んで石油を得、その結果二酸化炭素の対策に煩わされることも無く、また原子力発電に憧憬することも無く、日常生活は無上に清浄な原始太陽エネルギーに支えられる。宇宙破壊の咎めだてを受けることも無く、太陽の照る限り、真正な新文化の創造に、法悦の境で没頭出来るのである。そしてこれにより、卑小のオイル・ハングリー症候群から脱却し、高邁なサンシャイン・リッチの自負を持つに至る。併しこのまゝだと「空自負」、日本特有の「武士は喰わねど、高楊枝」のヒロイズムに終わる。

#### §4. 四〇年後のオイル涸れに備えて第一提言

最初の提言として、日本全国の各戸に太陽電池の設置を、国是として推進することである。全世界が直面している未必のエネルギー枯渇による「生か死か」の二者択一であり、これはお前のため、俺のため、みんなのため、永々と末代の繁栄を希う子孫のためである。

§2 で述べたように、自然の摂理により、日本全国に太陽から、不断に遍く公平に石油換算で

$$314 \pm 24 \text{ liter/m}^2 \text{ year}$$

の原始太陽エネルギーが供給されている。これを地球の全ての営みに、正当に配分することは、未知の微細構造を考えると人智を越える。§3 で触れた、現在使用し得る最高変換効率 13 % のシリコン単結晶太陽電池を使用すれば、上述の原始太陽エネルギーのうち

$$41 \pm 3 \text{ liter/m}^2 \text{ year}$$

だけ電気エネルギーに変換可能である。既に述べたように、この効率で 2000 年に必要とする 6 億 kliter の電力を入手するには、既に開墾された土地 14600 km<sup>2</sup> に敷設することである。

隗より始めよと云うこともあり、我が家も'97 年暮れ、富山なので積雪の被害効果も考慮して、屋根一体型の非晶質シリコン太陽電池（変換効率 8 %）3 kW を 92 m<sup>2</sup> に敷設した<sup>(24)</sup>。税込みで約 580 万円要した。当時新エネルギー財団が太陽電池 1 kW の設置に付き 34 万円の補助を行っており、私も申請し、その恩恵に浴した。新築と既築では大差があり、後者が圧倒的に高負担である。みんなのためと云う大義とは云い、これを国民全てに義務として一般化するには負担が大き過ぎる。売買電による消却も考慮して、息の長い国策として、肌理細かい手厚い補助策が練られるべきである。

90 m<sup>2</sup> を日本の全戸が施工し得る平均太陽電池敷設面積と見做し、日本の全世帯 4410 万戸<sup>(2)</sup> が設置したと仮定すると、

$$\begin{aligned} & 4.41 \cdot 10^7 (\text{戸}) \times 90 (\text{m}^2/\text{戸}) \times 314 (\text{liter/m}^2 \text{ year}) \times 13 \% \\ & = 1 \text{ 億 } 6000 \text{ 万 kliter/year} \end{aligned}$$

となる。これは前述の 2000 年の全エネルギー需要見通しの 27 % である。1997 年六月上旬の朝日新聞によると、滋賀県のある職員グループが、「市民の、市民による、市民のための共同太陽発電所設置プロジェクト」と銘打って、太陽光発電を始めた。大昔「何々の、何々による、何々のための……」が絶大な威力を示した良き時代があったが、それが又復活したとは真に喜ばしい。

屋根以外に使用を検討すべき不毛の地は鉄道線路である。それは鉄道の安全確保のための必要最低限の地面と考えられる。併し鉄道運輸の保全と太陽発電の共存を検討すべきである。「鉄道統計年表<sup>(25, 26)</sup>」によると、民鉄と JR の旅客と貨物の線路用地、停車場用地の総計は 1.134 · 10<sup>9</sup> m<sup>2</sup> となり、13 % の変換効率の太陽電池による電力は、石油換算で

$$1.134 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \times 314 \text{ liter/m}^2 \times 0.13 = 0.4643 \text{ 億 kliter/year}$$

となる。上に求めた値と足して、2 億 kliter/year 余となり、2000 年の需要の 3 分 1 を満たしている。このように、公共の或いは大中小企業・会社等の建造物の屋根と側壁、日当たりの良い路肩、遊休地等々に太陽光発電の可及的な普及と浪費を排し、有効利用を促した省エネルギー政策により、6 億 kliter/year の充足体制が可能と思われる。国事的な規模で一刻も早く定量的に検証し推進すべきである。

これは、我々が直面している「生か死か」の二者択一であり、焦眉の急である。その意味

で「今が大切」である。この提言には発明や開発研究は必要ではなく、行政的な問題である。この計画の推進には、国籍を問わず、事の重大さを認識した日本に住む人々から支持された国是として、政府を支え一致団結してやり抜く、息の長い、強い意志と綿密な計画が必要である。石油の可採年数 40 年から考えて、30 年計画が妥当と思われる。その途上、世界の各国も石油枯渇に迫られて、大挙して我々に歩調を合わせて来るものと予想される。その時こそ「世界の人々の、世界の人々による、世界の人々のための共同太陽発電所設置プロジェクト」を合唱して施行する好機であり、世界が融合した、新しい文化を育てる種を蒔くときが来るのではなからうか。地球の昼側が、地球の夜側に、いつも連続輪番交替制で太陽発電した電気を分かち合う、向い三軒両隣のお付き合いになる。全世界の人々が地球をボーダーレスな故郷とするコスモポリタニズムの第一歩である<sup>(27)</sup>。

## §5. 四〇年後のオイル涸れに備えて第二提言

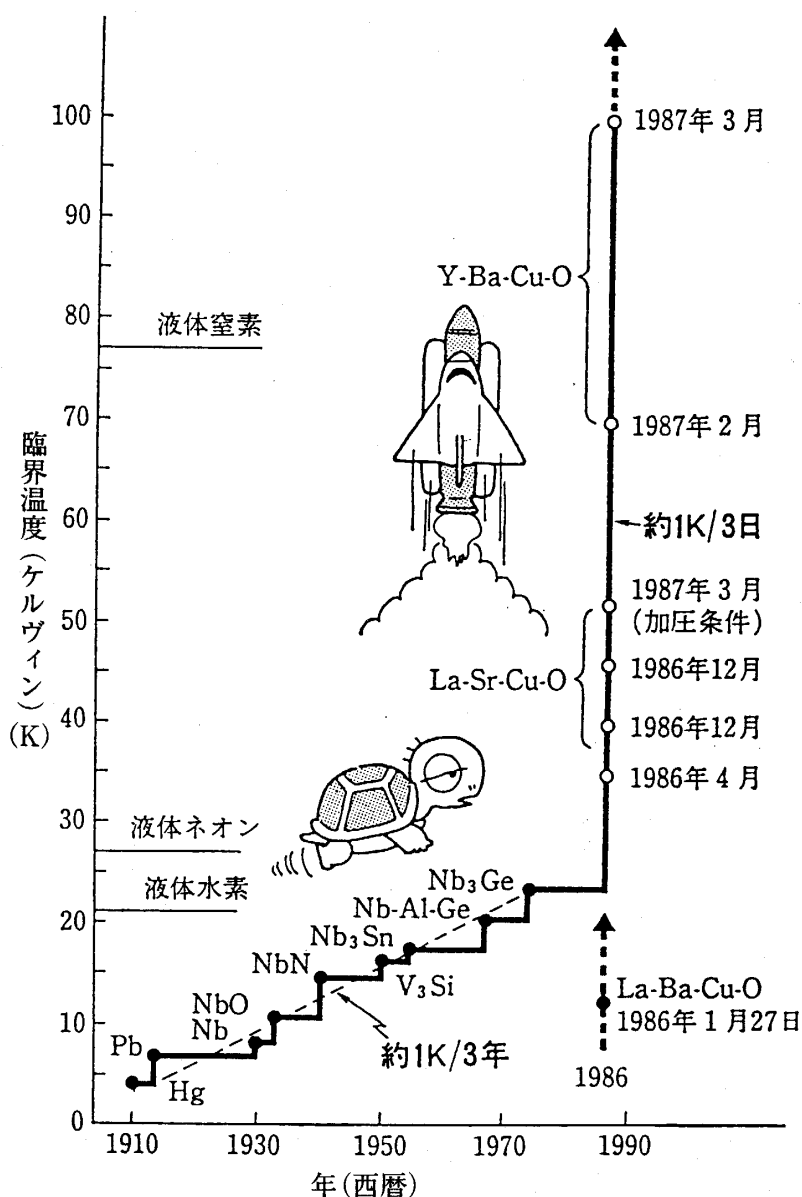
現在太陽電池の変換効率は、高々非晶質シリコンで 8 %、単結晶シリコンで 13 % である。新しい文化を創造するには、省エネルギーなんていじけたことを云わず、エネルギーは充分贅沢に、無駄使いも辞せず、使い放題にすべきである。無駄は創造的生活の必須の栄養源である。そのため、エネルギーの絶対的増量は、現在の変換効率を凌駕する太陽電池の発見か又は、太陽電池に替わる高効率新機構、又はその機能物質の発見以外には無い。太陽は未だ充分余裕をもって、待っている。これは日本人のみならず全世界の人々が、暗に待望していることである。

我々は機能物質の発見に関して、十余年前に非常に得難い教訓的な経験をした。それは 1987 年スイスのチューリッヒの IBM 研究所々員、Georg Bednorz 及び K. Alex Mueller 両博士のノーベル賞受賞で象徴される、酸化物高温超伝導体の発見である。1913 年に水銀の 4.15 K で電気抵抗消失による超伝導体発見以来、高温超伝導体の開発は人類の夢の一つとして追求されてきた。1973 年に  $\text{Nb}_3\text{Ge}$  で液体水素の沸点を越える 23.5 K で超伝導転移が発見されて以来、低迷していた。長い間、転移温度は三年に 1 K の割合で上昇していた。しかし 1986 年の四月にセラミックスの研究家達により、銅を含むランタンとバリウムの酸化物で、30 K の超伝導転移が発見された。その年の暮れから翌年の春にかけ、数ヶ月間、矢継ぎ早に新しい酸化物高温超伝導体の紹介がなされた。そして、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$  で最高の転移温度 95 K を示す安定な超伝導体であることが確認された。(第九図参照<sup>(28)</sup>)

転移温度 95 K の発見は、三年に 1 K の割合で辿ると、約 215 年後の 23 世紀初頭に実現する温度である。これは、言い替えると、全人類が挙って 215 年長生きしたことを意味する。この製法は実に簡単で、家庭で可能な日曜科学の部類である<sup>(29)</sup>。京都大学の有名な物理の理論の先生もテレビを見ながら、高温超伝導体作りを試み、記録更新に挑戦されたと聞いている。毎年、新しい価値のある、困難な問題に挑戦された成果に授与される、ノーベル賞の仕事には敬服している。しかし酸化物高温超伝導体の発見に関しては、あわよくば私だっってもう少し頑張れば、ノーベル賞も夢じゃなかったと思われる位、知ってみれば実に身近なところから発見さ

れた。超伝導の理論、実験の両専門家も諦めていた高温超伝導体が、専門家じゃないセラミックス屋さんが、金属の錆の中から見出した。物理は数学と異なり、決め手は理論ではなく実験である。オリンピックと同様に論理が無くても、皆が驚く桁違いの記録更新であれば、新しい問題提起であり、充分金メダルに値する。これは学問に王道が無いと云う実例である。高温超伝導体の発見に関して、自然は人間の自負する学問の体系を超越して、有るが俤の単純さと、複雑さの実味を、見せてくれた。

ある先生によると、学説とは「実際そのように行われているか否かとは関係なく、唯そう考えることにより、より多くのことが、無撞着に説明出来る、一つの考え方である」と仰った。厳密を尊ぶ数学とは異なり、或るモデルに基づく常に近似的である全ての学説は、より包括的



第九図 超伝導体の臨界温度の変遷<sup>(28)</sup>

(YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>で酸素が7より少し欠けたものが、最高の臨界温度 95 K をもつ安定な超伝導体であることが確認された。)

な学説に、取って代わられる宿命のものである。歴史がそれを語っている。従って太陽電池とその理解も常に確固不動ではなく、実験と理論の進歩によりその世界像を、膨らませていくものである。太陽エネルギーの開発・利用にも高温超伝導の発見に相当するような、革新的な機構又は素材の開発が充分期待される。

## § 6. 結語として

§ 4 及び § 5 の提言は、石油の消滅に際して全人類の願望として国境を越えて、遂行されるものと考えられる。非産油国の日本が高い認識と技術の元に、勧進元として、地球規模で率先的に推進していくことを強く主張したい。石油のような日常的に必需度の高い天然資源の枯渇は、想像を絶するような凄惨で壊滅的な争奪戦が起こり、全人類が共に滅亡していくことになる。併しこの論文で述べたように、太陽エネルギーの活用に充分備えれば、地球上の生きとし生ける全人類・全生物が常に向上繁栄していく理想郷が建設可能である。

石油が無くなれば、全世界の全ての家庭が太陽発電を行い、その電力を赤道に一本及び子午線に数本、連結電気幹線の配線をし、それに繋がり売買電することである。太陽と面した昼側は発電し、必要量消費し、夜側の国々に送電することである。それを連続輪番交代制で売買電を行い、五十数億の人々が実質的な相互扶助で、且つ運命共同体の強い太い絆で結ばれることになる。この類似した考えは GENESIS (Global Energy Network Equiped with Solar Cells and International Superconductor Grids)<sup>(20)</sup> と云う名称で考えられている。

エネルギー危機の問題ではないが、例えば「人類絶滅の七つのシナリオ（隕石衝突・環境ホルモン・地球温暖化・核戦争……）」<sup>(30)</sup>でも取り上げられている、隕石衝突或いは小惑星衝突の問題は、人類存亡の観点から、地球規模での連帯が必要とされている。要約して云うと、人類に壊滅的打撃を与える直径1キロメートル級以上の地球近傍小天体 (Near Earth Object) を可及的に検出し、先ず軌道を確定することである。そのために国際天文学連合、国際スペース・ガード財団、日本のスペース・ガード協会、世界の天文家等の沢山の観測者を動員することである<sup>(31)</sup>。軌道が確定し、衝突する時間が確定すれば、全地球人が種々の厚い壁を乗り越えて、五十数億一心の炊き出しモードで凡ゆる叡智を結集して、迎え撃つことになる。史上空前絶後の壮挙とも云えるドラマである。この種の地球規模の大課題が目白押しに並んでいる。全地球人が、本題の石油枯渇によるエネルギー問題も含めて、これらの問題を解決していくために活動するということは、みんなが運命共同体としての地球に住んでいると云うことを実感することであり、地球にとって有益である。その前兆としてのビザ無し交流が東と西で始まっている。西では世界経済のブロック化としての欧州連合 (EU) であり、東では日本の北方領土を介して人間の絆の発露として行われている、ロシアとのビザ無し交流である。もう既に全地球人が単一民族化への遥かなコスモポリタニズム実現の道を、宿命的に歩み始めているように思われる。

このように、人種、言語、宗教、信条、文化、生活習慣を相互理解により相互浸潤し、人類

共通の不可避の難問題に全地球人が一丸となって解決しなければならない局面に立っていると云うことは、もっと広く深く認識すべき嬉しい宿願としての試練である。

## 参考文献

- (1) 「フォーラム・エネルギーを考える」事務局：暮らしの中のエネルギー（1996年度版）
- (2) 朝日新聞社編：朝日年鑑（'95年版，'96年版，'97年版，'98年版，'99年版）
- (3) 科学 57#10（1987）特集「核融合研究の到達点」
- (4) 森永晴彦、「原子炉を眠らせ、太陽を呼び覚ませ」（草思社、1997）
- (5) 久武和夫、国際熱核融合炉（ITER）についての私見、日本物理学会誌 52 巻 #7(1997)；  
宮本健郎、上記私見のコメント、同学会誌 52#8 及び(1997)53#1
- (6) R. Bailey, "Bill and Al's global warming circus", Forbes 7 #3 101(1998) (Bill はクリントン大統領、Al はゴア副大統領。) 今世紀になり、地球の平均気温の上昇は 0.5 度に満たない (World Climate Report のグラフより)。誰も明確な原因は特定していないが、定説の一つは気候の自然変動である。他の説は、R. Wilson (Science 277 1893(1997)) が報告している太陽黒点の 22 年周期に同期した太陽放射熱の増加に帰するものである。
- (7) C. Hill, The Report (IPCC) that nobody reads 「まだ本当に分かっていない地球温暖化の原因」 Forbes 7 #3 103(1993)
- (8) 化石燃料の消費は二酸化炭素を確実に増加させているが、地球温暖化との相関は、入念な検証が重要である。'96 年の朝日年鑑によると '91 年の世界の CO<sub>2</sub> の総排出量は炭素換算で 26 Gt で、その内毎年残留する CO<sub>2</sub> は 3.3 Gt である (ICCP Report)。摂氏 20 度、1 気圧での炭酸ガスで考えると、毎年地球全体を最高 10.2 cm で被い、且つ消滅し、結果として 1.3 cm 相当残留する。
- (9) 堀内剛二、「宇宙空間物理」（共立出版、1975）
- (10) 国立天文台編：理科年表（丸善刊、1996）大正 14 年以降毎年 11 月に刊行。
- (11) 京セラ KK、ソーラー・エネルギー事業部、開発技術部：私信。平均値は理科年表 (9) の直達日射量瞬間値を参照。
- (12) 電気学会太陽電池調査専門委員会編「太陽電池ハンドブック」（コロナ社、1985 年 7 月刊）
- (13) 理科年表読本シリーズ：気象データ・マニュアル（丸善刊、199）
- (14) 柴田和夫、内嶋善兵衛編「太陽エネルギーの分布と測定（日本分光学会測定法シリーズ 15）」（1987、学会出版センター）
- (15) 気象庁観測部観測課：私信
- (16) 波長別アルベド  $a(\lambda)$  を波長別日射量(全天日射量)  $G(\lambda)$  の一次モーメント  

$$\langle a \rangle = \int a(\lambda) G(\lambda) d\lambda / \int G(\lambda) d\lambda$$
 となる。 $\langle a \rangle$  は単に地表面のみならず入射光の性質にも依存する<sup>(15)</sup>。

- (17) 国立極地研究所編「南極の科学 3 気象」(古今書院、1988)
- (18) 中村圭三、「流水の来る街」(古今書院、1992)
- (19) 稲葉秀三、「しのびよるもの」社会経済国民会議編 5 頁 (丸善、1992)
- (20) 浜川圭弘、桑野幸徳編、「太陽エネルギー工学 (太陽電池)」(1994、培風館)
- (21) 金子史朗、「ヒト (Homo sapiens) の驕り」学燈 **94** #9 30 (丸善、1997)
- (22) 大場秀章、「里山の自然」学燈 **95** #1 22 (丸善、1997)
- (23) ミハイル・ゴルバチョフ、「21 世紀への提言」朝日新聞 1997 年、9 月下旬又は 10 月上旬
- (24) 我が家は 70 年余昔、大火で消失しており、瓦の締め直しの時期になっていた。瓦屋根は一坪 (3.3 m<sup>2</sup>) に瓦を約 50 枚敷く。一枚約 4 kg あるから、一坪 200 kg となる。我が家の大屋根は 92 m<sup>2</sup> あり、約 5576 kg の瓦が敷かれていた。昔は毎年冬は約一丈余の雪が積もり、家は大変な荷重に耐えていた。重い瓦を何百枚も屋根に敷き不毛の面とする前時代的なことは、止めたいと思ったからである。
- (25) 運輸省鉄道局監修「鉄道統計年表」300-317 頁 (1998、社団法人政府資料等普及調査会)
- (26) 運輸省鉄道局施設課：私信 線路用地の幅は中心から両脇に 1.9 m、即ち 3.8 m で駅の信号間の距離から求められる。年表の線路用地は各企業体からの自己申告制で、その大きさの正否の程は不明である。
- (27) 「杞憂でしょうか天体衝突」(朝日新聞 1997 年 9 月 27 日) に依ると、地球近傍小天体との衝突による人類の滅亡に備えて、スペース・ガード協会が国際的にも国内的にも出来ている。エネルギー枯渇は、旬年の問題で差し迫っている。何れも国際的に運命共同体として、国境、人種、宗教、イデオロギーを遥かに超越し、内臓を見せ合って、決死の意識を高揚すべきである。現在は定常泥縄安定仮生状態である。
- (28) 大塚泰一郎、「超伝導の世界」(講談社、1987)
- (29) 週刊朝日編集部、「超伝導体」製造プロセス、週刊朝日、1987 年 5 月 22 日号
- (30) 朝日新聞社編「人類絶滅の七章 (隕石衝突・環境ホルモン・地球温暖化・核戦争……)」サイアス **4** #1 (1999) 68
- (31) 討論「杞憂でしょうか天体衝突」朝日新聞 1997 年 9 月 27 日